

10/527499

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 42 848.4  
**Anmeldetag:** 14. September 2002  
**Anmelder/Inhaber:** SCHOTT GLAS, Mainz/DE  
**Bezeichnung:** Unterdrückte Phasenumwandlung  
durch Zwischenschichten  
**IPC:** C 03 C, C 23 C, G 02 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 04. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**BEST AVAILABLE COPY**

## Unterdrückte Phasenumwandlung durch Zwischenschichten

Die Erfindung betrifft einen beschichteten Gegenstand, umfassend ein Substrat und mindestens eine Funktionsschicht, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derart beschichteten Gegenstandes und dessen Verwendungen.

Beschichtete Gegenstände dieser Art sind seit vielen Jahren bekannt und auch weit verbreitet. Allerdings treten bei vielen Gegenständen der eingangs beschriebenen Art Probleme auf, wenn sie Betriebstemperaturen höher als ca. 350°C ausgesetzt werden. Reflektoren haben zum Beispiel eine Betriebstemperatur von etwa 400 bis 500°C.

Bei diesen hohen Temperaturen verändern sich die aufgetragenen Schichten. Üblicherweise werden die Schichten im amorphen Zustand aufgebracht, und vollziehen bei steigenden Temperaturen eine Phasenumwandlung, sehr zum Nachteil der Funktionsweise der beschichteten Gegenstände. Die Phasenumwandlung findet beispielsweise bei  $\text{TiO}_2$  von der amorphen Phase in die kristalline anatase Phase und weiter von der anatase Phase in die rutil Phase statt. Mit dieser Phasenumwandlung geht eine Volumenschrumpfung einher, welche sich äußerst negativ auf das Gesamtschichtpaket auswirkt. Bedingt durch die Volumenschrumpfung bilden sich Mikrorisse innerhalb der Schicht. Beispielsweise bei Reflektoren streuen diese dann die einfallende Strahlung, wodurch der maximal erreichbare reflektierte Lichtstrom reduziert wird. Ebenfalls reduziert wird der Reflektionsgrad der Beschichtung. Auch die Oberflächenstruktur der einzelnen Schichten verändert sich dadurch, was bei Wechselschichtsystemen weitere negative Folgen wie z.B. (Teil-) Delaminationen haben kann.

Es ist bekannt, dem Problem dadurch gerecht werden zu wollen, die Schichten direkt kristallin aufzutragen, möglicherweise durch Sputtern oder Elektronenstrahl-Aufdampfen (PVD-Verfahren).

Nachteilig hierbei sind verfahrenstechnische Probleme. Es erfordert sehr viel mehr Zeit, Aufwand und Kosten die Schichten kristallin aufzutragen. Auch weisen diese Schichten ein schlechteres Reflektionsverhalten auf, welches auf Streuzentren in der kristallinen Struktur zurückzuführen ist.

Eine weitere Möglichkeit das Problem zu umgehen bietet das Dotieren einer Funktionsschicht mit einem  $\text{SiO}_2$ -Glasbildner. Nachteilig bei diesem Verfahren ist ein niedrigerer Brechungsindex der Funktionsschicht sowie eine komplexere Prozessführung. Für die gleiche optische Wirkung (Reflektion) benötigt man mehr bzw. dickere Schichtlagen und damit verbunden mehr Aufbauzeit für das Schichtpaket.

Es gibt Studien über Phasenumwandlungen und Kristallisationsverhalten dünner (Wechsel-) Schichten. So ist zum Beispiel aus der Literatur [H. Sankur and W. Gunning, J. Appl. Phys. 66 (1989)] bekannt, dass das Kristallisationsverhalten zum einen von der Temperatur, zum anderen aber auch von der Schichtdicke der einzelnen Schichten abhängt. Kristallisation tritt umso wahrscheinlicher auf, je dicker die jeweiligen Schichten sind und um so mehr sie erwärmt werden.

H. Sankur und W. Gunning fanden heraus, dass Schichten aus  $\text{TiO}_2$  bei etwa  $350^\circ\text{C}$  von der amorphen Phase in die anatase Phase kristallisieren und bei etwa  $600^\circ\text{C}$  und höher in die rutile Phase. Bei ihren Studien hat sich gezeigt, dass bei sehr reinen Schichten unterhalb einer gewissen Schichtdicke, nämlich kleiner ca. 50 nm, die Kristallisation selbst bei höheren Temperaturen dermaßen erschwert ist, dass sie faktisch gar nicht erst eintritt.

Eine weitere Studie zu diesem Thema von D. G. Howitt und A. B. Harker [J. Mater. Res. 2 (2), Mar/Apr 1987] zeigt, dass dünnere Schichten ( $< 50$  nm) nicht kristallisieren, also im amorphen Zustand bleiben, selbst wenn sie für längere Zeit bei höheren Temperaturen erwärmt werden. So zeigte eine Erwärmung über 100 Stunden bei  $450^\circ\text{C}$  einer dünnen Schicht ( $< 50$  nm) keine Kristallisation. Dickere Schichten würden bei diesen Bedingungen innerhalb weniger Minuten kristallisieren. Im Hinblick auf das optische Design ist es in der Regel aber notwendig, Schichten aufzutragen, die eine größere Dicke als 50 nm aufweisen. Das optische Design gibt diesbezüglich einen bestimmten Schichtaufbau vor, d.h. eine genau festgelegte Abfolge der physikalischen Schichtdicken  $d$  im Wechselschichtpaket, deren Werte für Anwendungen im sichtbaren Spektralbereich typischerweise bis zu 200 nm betragen können. Die entsprechenden optischen Schichtdicken  $n \cdot d$  liegen in der Größenordnung von  $\lambda/4$  ( $n$ : Brechungsindex,  $\lambda$ : Lichtwellenlänge).

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, beschichtete Gegenstände der eingangs genannten Art, bei denen eine Schichtdicke von über 50 nm vorgesehen ist, möglichst kostengünstig bereitzustellen, welche unter den gege-

benen Bedingungen konstant und unverändert qualitativ hochwertig bleiben. Dabei soll die Beschichtung trotz der „dicken“ Schichten, die das optische Design erfordert, kein merkliches Kristallisationsverhalten aufweisen.

Die vorstehende Aufgabe wird durch den in Anspruch 1 beschriebenen Gegenstand gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen werden in den Unteransprüchen beschrieben. Insbesondere wird ein beschichteter Gegenstand bereitgestellt, umfassend ein Substrat und mindestens eine Funktionsschicht, wobei eine Funktionsschicht mittels einer Pufferschicht mit einer Schichtdicke  $d_p \leq 10$  nm derart mindestens einmal geteilt wird, dass die entstehenden Teilschichten  $T_s$  der jeweiligen Funktionsschicht unter einer vorgegebenen Schichtdicke bleiben, bei der die Nachteile des Standes der Technik nicht mehr auftreten, insbesondere bei welcher eine Phasenumwandlung der aufgetragenen Schicht nicht mehr auftritt.

Es hat sich überraschend gezeigt, dass sehr dünne Pufferschichten in den meisten Fällen nicht relevant für das optische Design bzw. das spektrale Reflexionsverhalten des Schichtaufbaus sind. Sehr wohl aber verhindern sie das Kristallisationsverhalten einer Funktionsschicht, welche durch solche Pufferschichten geteilt werden können. Somit kann eine Funktionsschicht durch solche Pufferschichten ohne Beeinflussung des Reflexionsverhaltens geteilt werden und kristallisiert auch bei höheren Temperaturen nicht.

Die Dicke einer Teilschicht kann von einem Fachmann anhand weniger Versuche leicht eingestellt werden. Sie richtet sich zum einen nach dem Material der Schicht, zum anderen nach der zu erwartenden Temperaturbelastung der Schicht während des Einsatzes. Die sich bei der Teilung einer Funktionsschicht durch die Pufferschicht ergebenden Schichtdicken der Teilschichten  $T_s$  sollten 10 bis 70 nm, vorzugsweise 20 bis 45 nm betragen. Falls eine einmalige Unterbrechung der Funktionsschicht keine befriedigende Wirkung wegen zu hoher Schichtdicke der Teilschichten oder aus einem sonstigen Grund ergibt, werden mehrere Pufferschichten benutzt. Die durch die Zwischenschaltung der Pufferschicht bzw. Pufferschichten aus der Funktionsschicht entstehenden Teilschichten müssen nicht dieselbe Schichtdicke besitzen, sondern können unterschiedliche Schichtdicken haben, d.h. asymmetrisch aufgebaut sein. Die Funktion einer einzelnen Funktionsschicht wird weitgehend nur durch die Gesamtdicke ihrer Teilschichten bestimmt. Sobald die Teilschichten die für den gewünschten Anwendungszweck erforderliche (geringe) Dicke besitzen, führt eine weitere Verringerung der Schichtdicke der Teilschichten durch zwi-

schenschalten weiterer Pufferschichten zu keiner wesentlichen Verbesserung mehr. Schichtdicken  $T_s$  im Bereich von 45 bis 70 nm sollten nur Verwendung für Gegenstände finden, die einer thermischen Belastung um 350°C ausgesetzt sind. Im Schichtdickenbereich  $T_s$  von 20 bis 45 nm tritt auch bei sehr hohen Temperaturen über 350°C keine Verschlechterung der Eigenschaften auf.

Die Funktionsschicht kann ein Oxid, Nitrid, Carbid, Fluorid, Chlorid, Selenid, Tellurid oder Sulfid enthalten, verbunden mit einem oder mehreren Elementen aus der folgenden Gruppe: Li (Lithium), Be (Beryllium), Na (Natrium), Mg (Magnesium), Al (Aluminium), Si (Silizium), Ca (Calcium), Sc (Scandium), Ti (Titan), Cr (Chrom), Zn (Zink), Ge (Germanium), Sr (Strontium), Y (Yttrium), Nb (Niob), Cd (Cadmium), In (Indium), Sn (Zinn), Sb (Antimon), Te (Tellur), La (Lanthan), Ce (Cer), Pr (Praseodym), Nd (Neodym), Sm (Samarium), Gd (Gadolinium), Yb (Ytterbium), Lu (Lutetium), Hf (Hafnium), Ta (Tantal), Tl (Thallium), Pb (Blei), Bi (Bismut), und/oder Th (Thorium).

Die Pufferschicht weist eine andere Zusammensetzung als die der zu teilenden Funktionsschicht auf. Wesentlich ist lediglich, dass sie den unerwünschten Phasenumwandlungsprozess der Funktionsschicht unterdrückt. Sie besteht vorzugsweise aus  $SiO_2$ , kann jedoch je nach dem Material, aus dem die Funktionsschicht aufgebaut ist, auch aus anderen niedrig- oder hochbrechenden Materialien bestehen.

Das Prinzip der unterdrückten Phasenumwandlung kann bei beliebigen Materialkombinationen der Funktionsschichten angewendet werden. Dabei können niedrigbrechende Funktionsschichten mit Pufferschichten aus dem hochbrechenden Material zerlegt oder auch hochbrechende Funktionsschichten mit Pufferschichten aus dem niedrigbrechenden Material zerlegt werden.

Die Schichtdicke der Pufferschicht soll von 0,3 bis 10 nm, vorzugsweise 1 bis 3 nm, besonders bevorzugt 1,5 bis 2,5 nm reichen. Mit diesen Parametern ist sichergestellt, dass die Pufferschicht nur das Kristallisationsverhalten beeinflusst, nicht aber das optische Design. Unterhalb 0,3 nm hat die Pufferschicht kaum noch eine Wirkung, oberhalb 10 nm kann die Pufferschicht unerwünscht optisch aktiv werden.

Optisch aktive Schichtsysteme bestehen aus mindestens zwei verschiedenen Funktionsschichten, die alternierend auf ein Substrat aufgebracht werden. In einem solchen Schichtsystem gibt es neben einer Funktionsschicht A noch

andere Funktionsschichten, die vereinfacht mit Funktionsschicht B bezeichnet werden.

Eine Funktionsschicht A besteht vorzugsweise aus  $\text{TiO}_2$  und eine Funktionsschicht B vorzugsweise aus  $\text{SiO}_2$ .

Das zu beschichtende Material kann entweder ein Metal, oder ein dielektrisches Substrat, also ein Glas, eine Glaskeramik oder ein Komposit sein. Es kann aber auch ein Kunststoff als Substrat eingesetzt werden, welcher unter den Einsatztemperaturen stabil ist, wie beispielsweise COC (Cyclo-Olefin-Copolymere), PES (Polyethersulfon), PEI (Polyetherimid), COP (Cyclo-Olefin-Polymere) oder Derivate, Mischungen, Copolymere und Blends der vorangehenden Stoffe.

Jedoch können auch alle anderen Kunststoffe als Substrat für den erfindungsgemäßen beschichteten Gegenstand dienen.

Figur 1 zeigt den Querschnitt einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen beschichteten Substrates (1). Die direkt auf das Substrat aufgebrachte Schicht (2) stellt eine Funktionsschicht B dar, die in ihren Ausmaßen keine erfinderischen Elemente enthält. Darauf folgend nun die Funktionsschicht A (3), die durch die Pufferschicht (4) in die Teilschichten  $T_s$  (3a und 3b) geteilt ist.

Wie anhand der Figur 1 zu sehen ist, kann auf die geteilte Funktionsschicht A eine weitere Funktionsschicht B aufgetragen sein. Diese Aufeinandererschichtung soll so oft erfolgen, bis die gewünschte Wirkung der Beschichtung erreicht ist.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der die Teilschichten  $T_s$  (3c und 3d) asymmetrisch geteilt sind. Ferner zeigt die Figur 2 die Möglichkeit, die Funktionsschicht A mehrmals zu teilen, in diesem Beispiel in die Teilschichten  $T_s$  (3e, 3f, 3g).

Figur 3 zeigt eine Grafik, in welcher die Wellenlänge gegen die prozentuale Reflexion aufgetragen ist, die gestrichelte Linie zeigt dabei das Reflexionsverhalten ohne Pufferschichten, die durchgezogene Linie jenes nach der Teilung durch Pufferschichten.

Als Verfahren zur Herstellung des eingangs beschriebenen Gegenstandes kommt das Chemical Vapour Deposition (CVD), oder das Physical Vapour Deposition (PVD) Verfahren in Frage.

Die drei Haupttechniken des CVD sind das Thermische CVD, das Plasma CVD und das Laser CVD. Sie unterscheiden sich in der Art der Anregung und Aufspaltung der chemischen Vorverbindungen (Precursor), die als verdampfbare Transportmittel für Komponenten der Schichtmaterialien fungieren.

Vorteilhaft ist eine der Varianten des Plasma CVD zur Herstellung des eingangs beschriebenen Gegenstandes, nämlich das Plasma-Assisted-Chemical-Vapour-Deposition (PACVD), das Plasma-Enhanced-Chemical-Vapour-Deposition (PECVD), und besonders vorteilhaft das Plasma-Impulse-Chemical-Vapour-Deposition (PICVD). Bei zuletzt genanntem Verfahren findet die Schichtabscheidung diskontinuierlich in einem durch gepulste Mikrowellenstrahlung angeregten Plasma statt. Ein gezielter Schichtaufbau der jeweiligen Funktionsschichten und der Pufferschicht wird über die Anzahl der Pulszyklen gesteuert. Die geringste Schichtdicke, die bei genau einem Pulszyklus abgeschieden wird, kann auf 0,1 bis 0,3 nm pro Puls eingestellt werden.

Bei PICVD ist der Herstellungsaufwand abhängig von der Gesamtpaketdicke und nicht von der Anzahl der verschiedenen Schichten. Die Umschaltzeit bei PICVD von Schicht zu Schicht beträgt ca. 10 Millisekunden. Dies ist ein wirtschaftlich besonders vorteilhaftes Verfahren, da bei anderen Herstellungsverfahren der Produktionsaufwand mit der Anzahl der verschiedenen Schichten steigt, der Kostenpunkt der Herstellung also die Anzahl der Schichten ist.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines derart beschichteten Gegenstandes, wobei die Gegenstände insbesondere für eine Anwendung unter hoher thermischer Belastung geeignet sind. Beschichtete Gegenstände dieser Art werden typischerweise für optische Elemente verwendet. Diese können Reflektoren, Linsen, Filter, Prismen und Spiegel sein. Auch sind Leuchtkörper für die digitale Projektion, Bühnenbeleuchtung oder Architekturbeleuchtung denkbar. Die optischen Elemente können erfindungsgemäß auch für den UV-Wellenlängenbereich wie für den IR-Wellenlängenbereich eingesetzt werden. Auch die Verwendungen als Display für Monitore und Anzeigegeräte sind möglich.

### Beispiele:

Nachfolgend je ein exemplarisches Beispiel für die Beschichtung mit (Tabelle 2) und vergleichend ohne (Tabelle 1) die Pufferschichten anhand eines Kaltlicht-Schichtdesigns auf einem Reflektor. Wie der spektrale Verlauf der Reflexion in Figur 3 zeigt, bewirken die Zwischenschichten nur eine minimale Änderung des Spektrums, die zudem durch eine leichte Variation der Schichtdicken weitgehend kompensiert werden kann.

Die in den Tabellen beschriebene Schicht 1. ist dem Substrat am nächsten.



Tabelle1: 25 Schichten auf dem Substrat *ohne Zwischenschichten*.

# Schicht	Material	Dicke [nm]	Schichtart
1.	SiO <sub>2</sub>	26.91	Funktionsschicht B
2.	TiO <sub>2</sub>	102.96	Funktionsschicht A
3.	SiO <sub>2</sub>	62.79	Funktionsschicht B
4.	TiO <sub>2</sub>	80.00	Funktionsschicht A
5.	SiO <sub>2</sub>	127.71	Funktionsschicht B
6.	TiO <sub>2</sub>	64.62	Funktionsschicht A
7.	SiO <sub>2</sub>	118.09	Funktionsschicht B
8.	TiO <sub>2</sub>	68.30	Funktionsschicht A
9.	SiO <sub>2</sub>	120.00	Funktionsschicht B
10.	TiO <sub>2</sub>	63.40	Funktionsschicht A
11.	SiO <sub>2</sub>	108.32	Funktionsschicht B
12.	TiO <sub>2</sub>	60.44	Funktionsschicht A
13.	SiO <sub>2</sub>	165.62	Funktionsschicht B
14.	TiO <sub>2</sub>	32.39	Funktionsschicht A
15.	SiO <sub>2</sub>	85.95	Funktionsschicht B
16.	TiO <sub>2</sub>	40.00	Funktionsschicht A
17.	SiO <sub>2</sub>	93.54	Funktionsschicht B
18.	TiO <sub>2</sub>	53.32	Funktionsschicht A
19.	SiO <sub>2</sub>	99.06	Funktionsschicht B
20.	TiO <sub>2</sub>	52.66	Funktionsschicht A
21.	SiO <sub>2</sub>	80.48	Funktionsschicht B
22.	TiO <sub>2</sub>	46.28	Funktionsschicht A
23.	SiO <sub>2</sub>	82.98	Funktionsschicht B
24.	TiO <sub>2</sub>	31.65	Funktionsschicht A
25.	SiO <sub>2</sub>	18.42	Funktionsschicht B

Tabelle 2: 45 Schichten auf dem Substrat mit Zwischenschichten.

# Schicht	Material	Dicke [nm]	Schichtart
1.	SiO <sub>2</sub>	26.91	Funktionsschicht B
2.	TiO <sub>2</sub>	34.32	Teilschicht A <sub>n</sub>
3.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
4.	TiO <sub>2</sub>	34.32	Teilschicht A <sub>n</sub>
5.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
6.	TiO <sub>2</sub>	34.32	Teilschicht A <sub>n</sub>
7.	SiO <sub>2</sub>	62.79	Funktionsschicht B
8.	TiO <sub>2</sub>	40.00	Teilschicht A <sub>n</sub>
9.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
10.	TiO <sub>2</sub>	40.00	Teilschicht A <sub>n</sub>
11.	SiO <sub>2</sub>	127.71	Funktionsschicht B
12.	TiO <sub>2</sub>	32.31	Teilschicht A <sub>n</sub>
13.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
14.	TiO <sub>2</sub>	32.31	Teilschicht A <sub>n</sub>
15.	SiO <sub>2</sub>	118.09	Funktionsschicht B
16.	TiO <sub>2</sub>	34.15	Teilschicht A <sub>n</sub>
17.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
18.	TiO <sub>2</sub>	34.15	Teilschicht A <sub>n</sub>
19.	SiO <sub>2</sub>	120.00	Funktionsschicht B
20.	TiO <sub>2</sub>	31.70	Teilschicht A <sub>n</sub>
21.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
22.	TiO <sub>2</sub>	31.70	Teilschicht A <sub>n</sub>
23.	SiO <sub>2</sub>	108.32	Funktionsschicht B
24.	TiO <sub>2</sub>	30.22	Teilschicht A <sub>n</sub>
25.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
26.	TiO <sub>2</sub>	30.22	Teilschicht A <sub>n</sub>
27.	SiO <sub>2</sub>	165.62	Funktionsschicht B
28.	TiO <sub>2</sub>	32.39	Funktionsschicht A
29.	SiO <sub>2</sub>	85.95	Funktionsschicht B
30.	TiO <sub>2</sub>	40.00	Funktionsschicht A
31.	SiO <sub>2</sub>	93.54	Funktionsschicht B
32.	TiO <sub>2</sub>	26.66	Teilschicht A <sub>n</sub>
33.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
34.	TiO <sub>2</sub>	26.66	Teilschicht A <sub>n</sub>
35.	SiO <sub>2</sub>	99.06	Funktionsschicht B
36.	TiO <sub>2</sub>	26.33	Teilschicht A <sub>n</sub>
37.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
38.	TiO <sub>2</sub>	26.33	Teilschicht A <sub>n</sub>
39.	SiO <sub>2</sub>	80.48	Funktionsschicht B
40.	TiO <sub>2</sub>	23.14	Teilschicht A <sub>n</sub>
41.	SiO <sub>2</sub>	2.00	Pufferschicht
42.	TiO <sub>2</sub>	23.14	Teilschicht A <sub>n</sub>
43.	SiO <sub>2</sub>	82.98	Funktionsschicht B
44.	TiO <sub>2</sub>	31.65	Funktionsschicht A
45.	SiO <sub>2</sub>	18.42	Funktionsschicht B

## PATENTANSPRÜCHE

1. Beschichteter Gegenstand, umfassend ein Substrat mit mindestens einer Funktionsschicht, *dadurch gekennzeichnet*, dass mindestens eine Funktionsschicht mittels einer Pufferschicht mit einer Schichtdicke  $d_P \leq 10$  nm derart mindestens einmal geteilt wird, dass die entstehenden Teilschichten  $T_s$  der jeweiligen Funktionsschicht unter einer vorgegebenen Schichtdicke bleiben, bei welcher eine Phasenumwandlung der aufgetragenen Schicht nicht mehr auftritt.
2. Beschichteter Gegenstand nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Schichtdicke der Teilschichten  $T_s$  einer Funktionsschicht 10 bis 70 nm, vorzugsweise 20 bis 45 nm betragen.
3. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Funktionsschicht mindestens ein Oxid, Nitrid, Carbid, Fluorid, Chlorid, Selenid, Tellurid, oder Sulfid enthält.
4. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Funktionsschicht Li, Be, Na, Mg, Al, Si, Ca, Sc, Ti, Cr, Zn, Ge, Sr, Y, Nb, Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Yb, Lu, Hf, Ta, Tl, Pb, Bi und/oder Th enthält.
5. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass beliebig viele verschiedene Funktionsschichten alternierend auf das Substrat aufgebracht sind.
6. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, eine Funktionsschicht A aus  $TiO_2$  besteht.
7. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Funktionsschicht B aus  $SiO_2$  besteht.
8. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Pufferschicht eine Schichtdicke von 0,3 bis

- 10 nm, vorzugsweise 1 bis 3 nm, besonders bevorzugt 1,5 bis 2,5 nm aufweist.
9. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Pufferschicht eine andere Zusammensetzung als die der zu teilenden Funktionsschicht aufweist.
  10. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Pufferschicht mindestens ein Oxid, Nitrid, Carbid, Fluorid, Chlorid, Selenid, Tellurid, oder Sulfid enthält.
  11. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Pufferschicht Li, Be, Na, Mg, Al, Si, Ca, Sc, Ti, Cr, Zn, Ge, Sr, Y, Nb, Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Yb, Lu, Hf, Ta, Tl, Pb, Bi und/oder Th enthält.
  12. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Pufferschicht aus  $\text{SiO}_2$  besteht.
  13. Beschichteter Gegenstand nach den vorhergehenden Ansprüchen, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Substrat ein Metall ist.
  14. Beschichteter Gegenstand nach den Ansprüchen 1 bis 12, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Substrat ein dielektrisches Substrat ist.
  15. Beschichteter Gegenstand nach Anspruch 14, *dadurch gekennzeichnet*, dass das dielektrische Substrat ein Glas, eine Glaskeramik, ein Komposit oder ein Kunststoff ist.
  16. Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Gegenstandes nach Anspruch 1 bis 15, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Beschichtung mit einem CVD oder PVD Verfahren aufgebracht wird.
  17. Verfahren nach Anspruch 16, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Beschichtung mit einem reaktiven Beschichtungserfahren aufgebracht wird, vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe:
    - PICVD (Plasma-Impulse-Chemical-Vapour-Deposition)
    - PECVD (Plasma-Enhanced-Chemical-Vapour-Deposition)
    - PACVD (Plasma-Assisted-Chemical-Vapour-Deposition)
    - TCVD (Thermal-Chemical-Vapour-Deposition)

18. Verfahren nach Anspruch 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Beschichtung diskontinuierlich in Form von Pulszyklen aufgebracht wird, wobei über die Anzahl der Zyklen die Dicke einer jeweiligen Funktionsschicht und Pufferschicht eingestellt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17 bis 18, *dadurch gekennzeichnet*, dass die jeweils geringste Schichtdicke, die bei genau einem Pulszyklus aufgebracht wird, auf 0,1 bis 0,3 nm eingestellt werden kann.
20. Verwendung eines beschichteten Gegenstandes nach Anspruch 1 bis 15 als optisches Element, vorzugsweise als Reflektor, als Linse, als Spiegel oder als Leuchtkörper für die digitale Projektion.
21. Verwendung eines beschichteten Gegenstandes nach Anspruch 1 bis 15 als optisches Element, vorzugsweise als Reflektor, als Linse oder als Leuchtkörper für die Bühnen- oder Architekturbeleuchtung.
22. Verwendung eines beschichteten Gegenstandes nach Anspruch 1 bis 15 als optisches Element, vorzugsweise Prisma, Linse, Spiegel, Reflektor, Filter oder als Leuchtkörper für den UV- oder IR-Wellenlängenbereich.
23. Verwendung eines beschichteten Gegenstandes nach Anspruch 1 bis 15 als Display für Monitore oder Anzeigegeräte.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft einen beschichteten Gegenstand, sowie seine Herstellung und Verwendung, bei dem die Beschichtung trotz Betriebstemperaturen größer 350°C konstant und unverändert qualitativ hochwertig bleibt.

Die Unterdrückung der Phasenumwandlung der Schichten bei hohen Temperaturen gelingt mittels sehr dünner Pufferschichten, welche die optischen Funktionsschichten teilt, und diese somit unterhalb einer für das Kristallisationsverhalten kritischen Schichtdicke bringt.

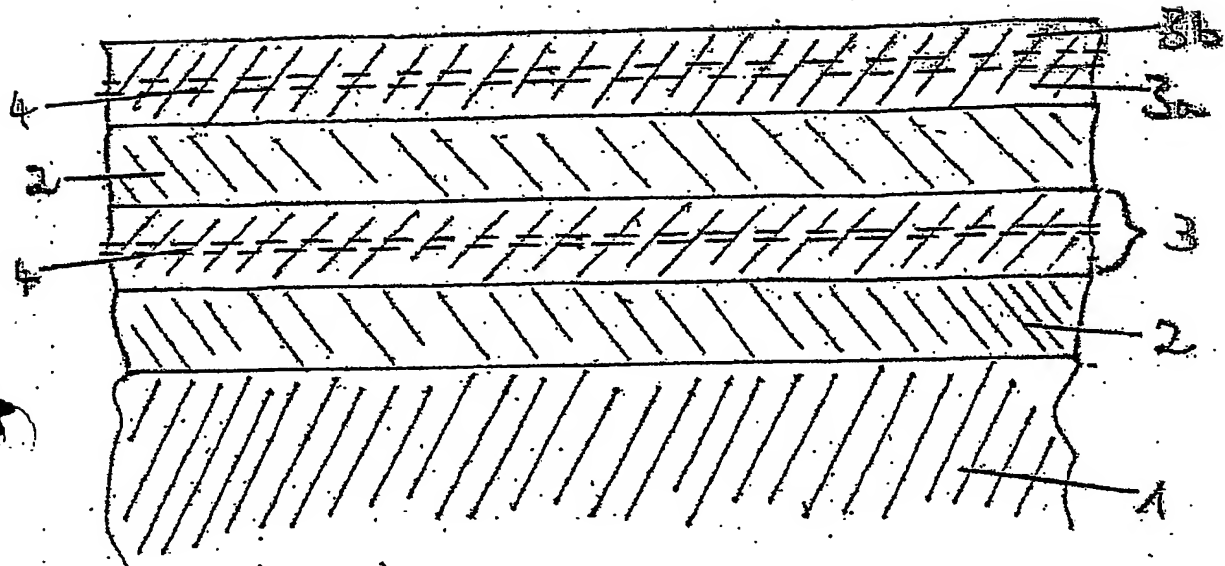


Fig. 1

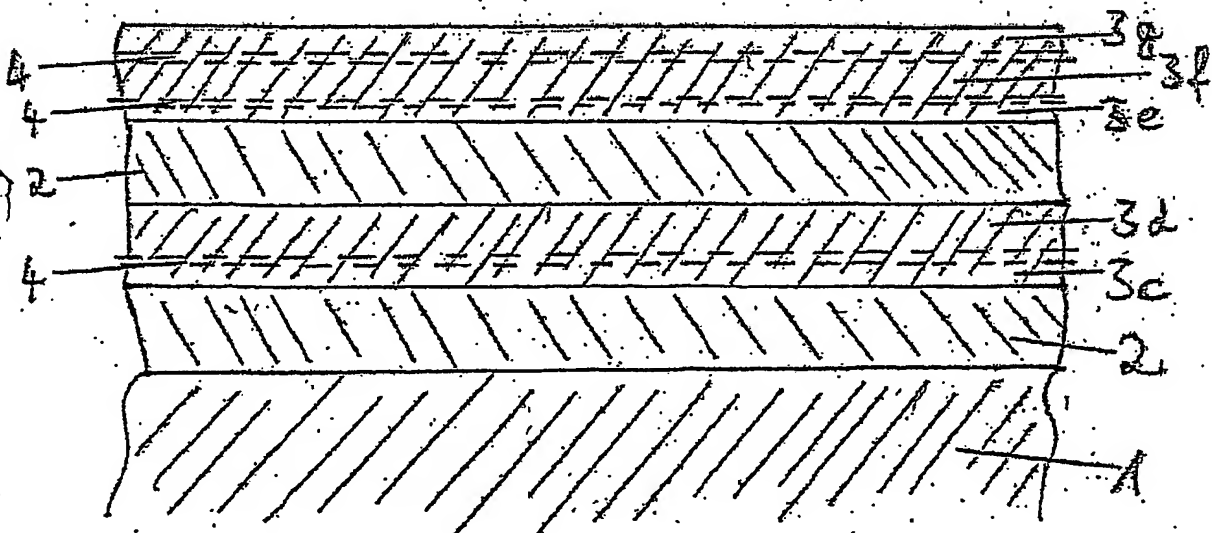
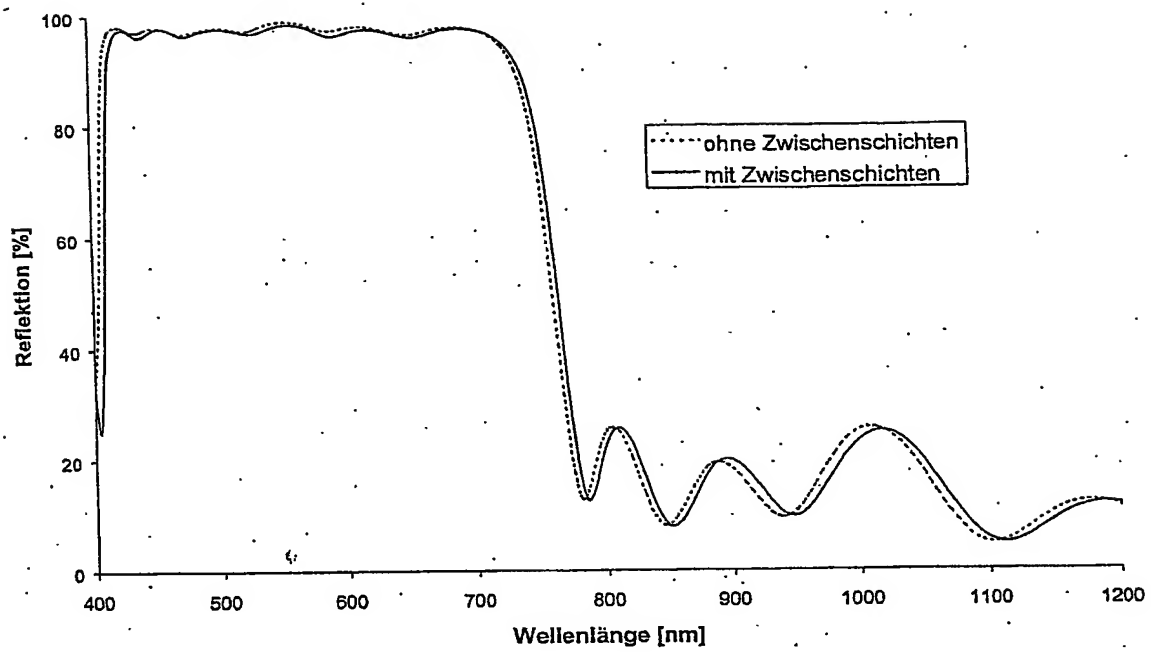


Fig. 2



**Fig. 3**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ ~~BLACK BORDERS~~
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ ~~FADED TEXT OR DRAWING~~
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**